Aus dem Pharmakologischen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. F. Haffner

Versuche über die Erhaltung ätherischer Oele bei der Zubereitung von Drogen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Albert Mattes
aus Kolbingen

1940

Buchdruckerei Karl Bölzle, Tübingen, Marktgasse 10

Dekan: Prof. Dr. Haffner

Berichterstatter: Prof. Dr. Haffner

Zum Druck genehmigt von der Medizinischen Fakultät
der Universität Tübingen.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Bei der Zubereitung pflanzlicher Erzeugnisse zu medizinischen Zwekken kann sich erfahrungsgemäß der Gehalt an ätherischen Oelen erheblich ändern. Dies ist insbesondere dort der Fall, wo zur Konzentrierung der Wirkstoffe Einengungen oder gar Trocknungen wässriger Extrakte vorgenommen werden, da die ätherischen Oele mit Wasserdampf besonders leicht flüchtig gehen. Auch in anderer Weise können Aenderungen der Wirksamkeit eintreten, z. B. bei den Drogen, bei denen die wirksamen Stoffe nicht frei, sondern gebunden vorliegen und erst durch fermentative Einwirkungen frei gesetzt werden; ein bekanntes Beispiel dafür ist der Senfsamen, der das wirksame Senföl in unwirksamer glykosidischer Bindung enthält und erst bei Anwesenheit von Wasser durch fermentative Spaltung freigibt; Einwirkungen, durch die das Ferment geschädigt wird, verhindern daher mehr oder weniger vollkommen das Wirksamwerden. Endlich kann auch durch sekundäre Vorgänge z. B. Oxydation an der Luft eine Veränderung der Wirksamkeit eintreten, wie dies z. B. sehr häufig beim Kamillenöl der Fall zu sein scheint, dessen blauer Farbstoff (Azulen) unter allen möglichen Einflüssen, z. B. schon bei der Adsorption an Kohle, in allerkürzester Zeit in ein braunes Derivat verwandelt wird.

Die folgenden Untersuchungen sollen einen Beitrag zur Klärung solcher Konservierungsfragen bringen; dabei wurden die Versuche zunächst auf die Gruppe der Senföle und der senfölhaltigen Drogen beschränkt.

Da über die chemische Natur der letzten Endes wirksamen Stoffe noch keineswegs volle Klarheit besteht, so konnte die gestellte Aufgabe nur mit Hilfe der Feststellung der biologischen Wirksamkeit in Angriff genommen werden.

Andreas hat aus dem hiesigen Institut in seiner Dissertation über biologische Auswertung ätherischer Oele an Kaulquappen und Fischen berichtet.

In ganz entsprechender Weise wurde bei den folgenden Untersuchungen vorgegangen; als Testobjekte wurden Frösche, Fische und Kaulquappen verwendet. Ueber die Anordnung im einzelnen, die je nach dem Untersuchungsmaterial in den äußeren Verhältnissen etwas verschieden gestaltet werden mußte, wird jeweils bei den einzelnen Versuchsreihen berichtet. Unsere Versuche erstrecken sich auf das Verhalten des Senföls bei der Adsorption durch Milch, bei seiner Freimachung aus Senfsamen

ohne und nach Vorbehandlung der Droge, ferner auf die Gewinnung, Konzentrierung und Erhaltung des wirksamen Stoffes von Rettich, zum Teil auch von Zwiebel. Bei anderen Arbeiten des Instituts gewonnene Ergebnisse hatten zu dem Versuch geführt, Trockenmilch als Adsorbens zur Erhaltung flüchtiger Wirkstoffe im Trockengut zu benützen. Die Brauchbarkeit dieses Verfahrens wurde von uns weiter untersucht.

I. Versuche mit Senföl.

Feststellung der tödlichen Konzentration des Senföls bei Fröschen.

Als Ausgangslösung zur Feststellung der tödlichen Konzentration diente eine 0,1%ige Senföllösung. Es wurden auf 1000 ccm Wasser 1 ccm Senföl gegeben und im Schüttelzylinder bis zur Lösung geschüttelt. Daraus wurden die erforderlichen Verdünnungen (gewöhnlich mit dem Faktor 2) hergestellt. Zum Versuchsansatz wurden Zylindergläser mit 17 cm Durchmesser verwendet. Wo zu den Versuchen kleinere Mengen zur Verfügung standen, verwendeten wir kleinere Gefäße. Die bei den Froschversuchen verwendete Flüssigkeitsmenge betrug entweder 0,5 oder 1 Liter Sie war jeweils so bemessen, daß die Tiere beim Sitzen noch mit dem Kopf aus der Flüssigkeit herausschauten. Die Beobachtungszeit erstreckte sich über 24 Stunden.

In den stärkeren Konzentrationen springen die Tiere infolge des Reizes auf die Haut lebhaft in den Gefäßen umher. Nach wenigen Minuten ist die Haut diffus gerötet. Bald tritt ein Zustand der allgemeinen Lähmung ein, wobei die Tiere nur noch auf starke Berührungsreize reagieren. Sie können sich nicht mehr über Wasser halten und liegen am Boden des Gefäßes. Unter fortschreitender Lähmung tritt der Tod ein.

Die Wirksamkeit verschiedener Konzentrationen gibt Tabelle 1 wieder:

Tabelle 1.

1 : 4 000	nach 1 Stunde tot
1 : 8 000	„ $1^3/_4$ Stunden tot
1 : 16 000	„ 8 „ „
1 : 32 000	„ 20 „ „
1 : 50 000	„ 22 „ „
1 : 66 000	„ 24 „ „
1 : 80 000	leben nach 24 Stunden

Die tödliche Grenzkonzentration war nicht bei allen Versuchen einheitlich. Sie bewegte sich zwischen 1 : 40—60 000. Diese Verschiedenheiten sind wohl auf Temperatureinflüsse sowie auf wechselnden Allgemeinzustand der Tiere zurückzuführen, die teils aus frischen Fängen stammten, teils Hungertiere waren.

In einer besonderen Versuchsreihe wurde die Einwirkungszeit auf 2 und 4 Stunden beschränkt. Hernach wurden die Tiere in frisches Wasser gebracht. Wie zu erwarten war, liegen hier entsprechend der kürzeren Einwirkungszeit die tödlichen Grenzkonzentrationen höher:

Tabelle 2.

Konzentration	2-stündige Einwirkung	4-stündige Einwirkung	24-stündige Einwirkung
1 : 16 000	tot	tot	tot
1 : 20 000	tot	tot	tot
1 : 20 000	überlebt	tot	tot
1 : 30 000	überlebt	tot	tot
1 : 50 000	überlebt	überlebt	tot
1 : 60 000	überlebt	überlebt	tot

Wirkung von Senföllösung bei Injektion in den Bauchlymphsack:

Es wurde auf 10 g Tier 1 ccm der Lösung injiciert. Die Injektion erfolgte durch den Mundboden hindurch in den Bauchlymphsack. Sofort nach der Injektion trat eine intensive Rötung der Bauchhaut auf, die sich nach einiger Zeit faltig abhob. Die vorderen Extremitäten waren infolge des Reizes krampfartig über der Brust gekreuzt. Der Tod erfolgte unter den Zeichen der allgemeinen Lähmung.

Tabelle 3.

Injektionsmenge	Konzentration	Dosis/10 g	Wirkung
1 ccm/10 g	1 : 400	2,5 mg	tot nach 3 Stunden
„	1 : 800	1,250 „	tot „ 5 „
„	1 : 1000	1,0 „	tot „ 6 „
„	1 : 2000	0,5 „	Leben weiter
„	1 : 4000	0,25 „	„ „

Da bei den Fröschen die tödliche Konzentration des Senföls im Verhältnis zu den bei manchen Senföldrogen zu erwartenden kleinen Mengen zu hoch liegt und diese Tierart deswegen zu Auswertungen wenig geeignet erscheint, verwendeten wir zu den allermeisten Versuchen die wesentlich empfindlicheren Kaulquappen und Goldfische.

Feststellung der tödlichen Konzentration bei Kaulquappen:

Als Ausgangslösung diente wiederum die Lösung 1 : 1000. Die Flüssigkeitsmenge in jedem Versuchsglase betrug 500 ccm. Es wurden jeweils 10 Tiere eingesetzt. Tabelle 4 gibt das Ergebnis.

Tabelle 4.

Konzentration	Wirkung
1 : 10 000	nach 2 Stunden tot
1 : 100 000	nach 13 Stunden tot
1 : 200 000	nach 14 Stunden tot
1 : 400 000	überleben

Bei warmer Außentemperatur kann die Tödlichkeitsgrenze bis 1 : 400 000, manchmal sogar bis zu 1 : 600 000 heraufsteigen. Im Lauf der Einwirkung werden die Tiere nach anfänglich lebhaften Bewegungen ruhig und bewegen sich erst nach längerer Berührung. Sie können sich in einer künstlich erzeugten Strombewegung nicht mehr halten und sinken an den Boden des Gefäßes.

Der Einfluß von Alkohol auf die Senfölwirkung:

Zunächst wurde die narkotische und tödliche Wirkung des Alkohols allein festgestellt. Sie liegt bei einer 2%igen Lösung. Schon in einer $1^1/_2$%igen Lösung tritt keinerlei Beeinflussung mehr auf. Dies ist ersichtlich aus Tabelle 5.

Tabelle 5.

Alkoholkonzentration	Wirkung
4%	tot nach $1^1/_2$ Stunden
2%	tot nach 2 Stunden
$1^1/_2$%	leben weiter (ohne sichtbare Beeinflussung).

Die Alkoholkonzentration in der Senföllösung betrug $1^1/_2$%, 1% und $^1/_2$%. Zum Vergleich wurde eine Senföllösung ohne Alkoholzusatz angesetzt. Die Ergebnises zeigt Tabelle 6.

Tabelle 6.

Senföl-konzentration	$1^1/_2$% Alkohol-zusatz	1% Alkohol-zusatz	$^1/_2$% Alkohol-zusatz	Senföllösung ohne Zusatz
1 : 100 000	nach 4 Stunden tot	nach 6 Stunden tot	nach 7 Stunden tot	nach 13 Stunden tot
1 : 200 000	leben	leben	leben	leben

Unter dem Alkoholzusatz trat also zwar eine deutliche Beschleunigung des Todeseintrittes auf, aber eine Verschiebung der tödlichen Konzentration ergab sich nicht.

Der Einfluß von Trockenmilchzusatz auf die Senfölwirkung:

Lösungen von Trockenmilch aus Magermilch allein hatten in 10% Konzentration und darunter nach der üblichen Beobachtungszeit von 24 Stunden keinerlei Wirkung. Bei längerer Beobachtungszeit trat nach 48 Stunden Gerinnung ein; die Tiere in der geronnenen Lösung waren eingegangen:

Tabelle 7.

2,5 g Trockenmilch auf 250 ccm Wasser	10 % nach 22 Stunden alle frisch; nach 40 Stunden alle tot (Lösung geronnen).
12,5 g Trockenmilch auf 250 ccm Wasser	5 % nach 22 Stunden alle frisch; nach 40 Stunden alle tot (Lösung geronnen).
6,25 g Trockenmilch auf 250 ccm Wasser	2,5 % nach 22 Stunden alle frisch; nach 40 Stunden alle tot (Lösung geronnen).
3,125 g Trockenmilch auf 250 ccm Wasser	1,25% nach 22 Stunden alle frisch; nach 40 Stunden alle tot (Lösung geronnen).

Frische Vollmilch zeigte unverdünnt und in einer Verdünnung bis auf $^1/_5$ (20%) eine tödliche Wirkung. Es ist aber der Tod wohl nicht auf eine spezifische Wirkung der Milch selbst zurückzuführen, sondern auf Erstickung der Tiere infolge des Aufrahmens der Fettschicht. Hier trat nach 48 Stunden Gerinnung ein.

Tabelle 8.

Konzentration	Wirkung
100% Vollmilch	tot nach 12 Stunden
80% Vollmilch	tot nach 12 Stunden
20% Vollmilch	teilweise tot nach 24 Stunden, am andern Tag alle tot
10% Vollmilch	leben nach 24 Stunden am andern Tag tot (Gerinnung)

Mit Trockenmilch machten wir folgende drei Ansätze:

1. Auf 10 g Trockenmilch wurden in einem Schüttelzylinder 0,1 ccm Senföl gegeben, kräftig durchgeschüttelt und 1 Stunde stehen gelassen, darauf wurden 200 ccm Wasser zugegeben und die entstandene Emulsion mit Wasser auf 1 Liter aufgefüllt.

2. 10 g Trockenmilch wurden in 200 ccm Wasser im Schüttelzylinder gelöst und dazu 0,1 ccm Senföl gegeben, 1 Stunde stehen gelassen und dann auf 1 Liter Wasser aufgefüllt. Die Ergebnisse zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 9.

Konzentration	Lösung 1	Lösung 2
1 : 10 000	tot nach 2 Stunden	tot nach 2 Stunden
1 : 20 000	tot nach 2 Stunden	tot nach 2 Stunden
1 : 40 000	tot nach 3 Stunden	tot nach 3 Stunden
1 : 80 000	tot nach 3 Stunden	tot nach 3 Stunden
1 : 160 000	tot nach 4 Stunden	tot nach 4 Stunden
1 : 320 000	tot am andern Morgen	tot am andern Morgen
1 : 640 000	tot am andern Morgen	tot am andern Morgen
1 : 1 280 000	leben am andern Morgen	leben am andern Morgen

Wie aus Tabelle 9 hervorgeht, ist keine Veränderung der tödlichen Senfölkonzentration eingetreten.

3. Von der vorher beschriebenen Ausgangslösung 2 (0,1 ccm Senföl auf 200 ccm Trockenmilchlösung) wurden 10 ccm entnommen und im evakuierten Exsiccator getrocknet. Von dem Trockenpulver wurde eine Lösung hergestellt, in der die Sollkonzentration des Senföls 1 : 10 000 betrug.

Da von dieser Lösung eine nur geringe Menge zur Verfügung stand, erfolgte der Ansatz nicht in den üblich verwendeten Gläsern, sondern in kleinen Zylindern. Es wurden jeweils 3 Tiere eingesetzt in 50 ccm Flüssigkeit.

Die Ergebnisse von 3. bringt Tabelle 10.

Tabelle 10.

Konzentration	Wirkung
1 : 10 000	tot nach 2 Stunden
1 : 20 000	tot nach 3 Stunden
1 : 40 000	tot nach 4 Stunden
1 : 80 000	tot am andern Morgen
1 : 160 000	tot am andern Morgen
1 : 320 000	leben am andern Morgen

Da dieser Versuch an einem andern Tag wie der in Taballe 9 angestellt wurde, sind die Zahlen nicht ohne weiteres vergleichbar. Es scheint jedoch durch das Eintrocknen kein wesentlicher Wirkungsverlust eingetreten zu sein, da die tödliche Konzentration des Senföls allein zwischen 1 : 200 000 bis 1 : 600 000 schwanken kann (s. Tabelle 4).

II. Versuche mit Senfmehl.

Sämtliche Versuche mit Senfmehl wurden an Fröschen ausgeführt.

Tödliche Dosis des Mehles:

Es wurden jeweils 10, 5, 2,5 und 1,25 g Senfmehl abgewogen, in die Gefäße gegeben und auf 1 Liter aufgefüllt. In diese frisch zubereitete Aufschwemmung wurden Frösche eingesetzt und 24 Stunden lang beobachtet. Die tödliche Konzentration wurde bei einer 0,1%igen Aufschwemmung gefunden (s. auch Tabelle 11).

Tabelle 11.

Konzentration	Wirkung
1 : 300	tot nach 10 Stunden
1 : 600	tot nach 20 Stunden
1 : 1 000	tot nach 24 Stunden
1 : 2 000	R. tempor. leben,
	R. esculent. dagegen tot.

Wirkung des klaren Senfmehlfiltrates:

10 g Senfmehl wurden in 1 Ltr. Wasser aufgeschwemmt und 1 Stunde stehen gelassen. Die überstehende Flüssigkeit wurde abfiltriert, aus dem Filtrat wurden die notwendigen Verdünnungen hergestellt.

Die tödliche Wirkung liegt bei 1 : 800 auf Senfmehl bezogen, während sie bei der Senfmehlaufschwemmung (s. o.) 1 : 1 000 beträgt.

Tabelle 12.

Konzentration (auf Senfmehl bezogen)	Wirkung des Filtrates
1 : 100	tot nach 3 Stunden
1 : 200	tot nach $4^1/_2$ Stunden
1 : 400	tot nach 8 Stunden
1 : 800	tot nach 20 Stunden
1 : 1 600	nach 2 Tagen frisch

Versuche mit erschöpfender Extraktion von Senfmehl:

Zu diesem Zweck wurde das Senfmehl verschiedenemale hintereinander extrahiert. Es wurden z. B. 10 g in 1 Ltr. Wasser gegeben; nach 1 Stunde wurde abfiltriert, der Filterrückstand wieder 1 Stunde lang mit 1 Ltr. Wasser extrahiert und dies noch zweimal wiederholt.

Tabelle 13.

Konzentration	1. Extrakt.	2. Extrakt.	3. Extrakt.	4. Extrakt.
10 g auf 1 Ltr. Wasser = 1 %	tot	keine Wirkung	keine Wirkung	keine Wirkung
5 g auf 1 Ltr. Wasser = 0,5 %	tot	„	„	„
2,5 g auf 1 Ltr. Wasser = 0,25 %	tot	„	„	„

Nur im ersten Filtrat zeigte sich eine Wirkung; die einstündige kalte Extraktion ist also praktisch erschöpfend.

Wirkung von Kochtemperatur auf Senfmehl.

Es wurde Senfmehl in kochendes Wasser geworfen. Hierauf wurde die Aufschwemmung von der Flamme abgesetzt und bis zum Erkalten stehen gelassen. Die Senfmehlmenge betrug 2 g, die Flüssigkeitsmenge 1 Liter.

In einem weiteren Ansatz wurden je 20 g Senfmehl in 200 ccm kochendes Wasser gebracht, in einem Falle 1 Minute, im anderen Fall 10 Minuten dem Kochen ausgesetzt. Nach dieser Zeit wurde durch Hinzugießen von 1800 ccm Wasser möglichst rasch zur Normaltemperatur abgekühlt.

Bei allen drei Ansätzen war die Wirkung aufgehoben:

Tabelle 14.

Konzentration	Nach kurzem Kochen langsam abgekühlt	nach 1 Minute Kochen schnell abgekühlt	nach 10 Minuten Kochen schnell abgekühlt
2 g auf 1 Ltr. Wasser	keine Wirkung	—	—
1,5 g „ 1 „ „	keine Wirkung	—	—
20 g „ 1 „ „	—	keine Wirkung	keine Wirkung

Extraktionsversuche an Senfmehl:

Als Extraktionsmittel benutzten wir Methylalkohol, Aethylalkohol, Aether, Chloroform, Aceton, Petroläther und Glycerin. Es wurden 20 g Senfmehl in 200 ccm des jeweiligen Extraktionsmittels etwa 5 Minuten lang kräftig geschüttelt und dann abfiltriert. Der Filterrückstand wurde an der Luft getrocknet etwa 4 Stunden lang und dann jeweils in 2 Ltr. Wasser gelöst und aus dieser Aufschwemmung Verdünnungen angesetzt. Bei Glycerin wurde nicht abfiltriert, sondern etwa 10 Minuten lang zentrifugiert bis die überstehende Flüssigkeit nur mehr wenig getrübt war. Das Zentrifugat wurde dann in gleicher Weise angesetzt.

Das Ergebnis zeigt, daß nur in Glycerin etwa die Hälfte des wirksamen Senföles übergegangen war, während alle anderen Filterrückstände die gleiche Wirkung besaßen, wie reine Senfmehllösungen. Die geringe Steigerung der Tödlichkeit bei Aether, Chloroform und Aceton ist wohl auf einen geringen Gehalt dieser Extraktionsstoffe im Filterrückstand zurückzuführen.

Folgende Tabelle 15 zeigt die Ergebnisse:

Tabelle 15.

	Tödl. Grenzkonz.
Reine Senfmehllösung	1 : 1000
Senfmehllösung + Alkohol	1 : 1000
„ + Aether	1 : 1000
„ + Chloroform	1 : 1600
„ + Aceton	1 : 1600
„ + Methanol	1 : 1600
„ + Petroläther	1 : 1000
„ + Glycerin	1 : 400

III. Versuche mit Rettich und Zwiebeln.

Die Versuche wurden teils an Goldfischen, teils an Kaulquappen durchgeführt. Es zeigte sich aber zwischen beiden Tierarten kaum ein wesentlicher Unterschied in der tödlichen Grenzkonzentration, so daß die an ihnen gewonnenen Ergebnisse ziemlich gut vergleichbar sind.

Rettich.

Rettich wurde in der Hackmaschine zerkleinert und der Saft durch Gaze abgepreßt. Dieser Saft wurde als 100% bezeichnet. Die tödliche Grenzkonzentration lag ziemlich gleich bei verschiedenen Rettichsorten, sowohl bei Kaulquappen wie Goldfischen bei einer 5%igen Lösung.

Tabelle 16.

Konzentration	Kaulquappen	Goldfische
10%	nach 20 Stunden alle tot	nach $3^1/_2$ Stunden tot
5%	nach 20 Stunden 7 tot, 3 leben	nach 7 Stunden tot
2,5%	nach 30 Stunden alle lebend	lebt nach 24 Stunden

Versuche mit erschöpfender Extraktion von Rettich:

15 g und 30 g Rettich wurden durch die Hackmaschine getrieben und hierauf ohne den Saft abzupressen je eine Stunde lang mit 100 ccm Wasser extrahiert. Nach Abfiltrieren wurde der Filterrückstand wiederum eine Stunde mit der gleichen Wassermenge extrahiert, filtriert und derselbe Vorgang noch zweimal wiederholt.

Wie aus folgender Tabelle hervorgeht, zeigt das 1. Extrakt eine starke Wirkung. Extrakt 2 hat nur noch bei der größeren Ausgangsmenge tödliche Wirkung, während Extrakt 3 und 4 unwirksam sind.

Tabelle 17.

15 g	Wirkung	30 g	Wirkung
Extrakt 1	tot nach 3 Stunden	Extrakt 1	tot nach $1^1/_2$ Stunden
Extrakt 2	leben nach 15 Stunden	Extrakt 2	tot nach 15 Stunden
Extrakt 3	leben nach 15 Stunden	Extrakt 3	leben nach 15 Stunden
Extrakt 4	leben nach 15 Stunden	Extrakt 4	leben nach 15 Stunden

Die Einwirkung des Kochens auf den Rettich:

Ein etwa 150 g schwerer Rettich wurde in etwa 1,5 cm dicke Scheiben geschnitten, diese in kochendes Wasser geworfen und 15 Minuten lang gekocht. Nach dem Kochen wurde aus den Rettichscheiben Preßsaft gewonnen und sowohl in diesen wie auch in das Kochwasser Kaulquappen eingesetzt.

Das Kochwasser war ganz unwirksam, während im Preßsaft die volle Wirksamkeit erhalten blieb.

Tabelle 18.

Konzentr.	Kochwasser
100%	nach 13 Stunden frisch
50%	nach 20 Stunden frisch
20%	nach 20 Stunden frisch

Tabelle 19.

Saft aus den gekochten Rettichscheiben.

Konzentr.	Wirkung
10 %	tot nach 15 Stunden
5 %	tot nach 15 Stunden
2,5 %	leben nach 24 Stunden
1,25%	leben nach 24 Stunden

Der Einfluß von Alkohol auf die Wirksamkeit des Rettichsaftes:

Entsprechend dem Senfversuch betrug der Alkoholzusatz $1^1/_2$%, 1% und $^1/_2$%.

Hier bewirkt also der Zusatz von Alkohol eine Verschiebung der tödlichen Konzentration, die wohl auf Summierung zurückzuführen ist.

Tabelle 20.

Reiner Rettichsaft 4%		nach 29 Stunden leben alle
„ „	+ 1,5% Alkohol	nach 29 Stunden 7 tot, 3 leben
„ „	+ 1 % Alkohol	nach 29 Stunden 1 tot, 9 leben
„ „	+ 0,5% Alkohol	nach 29 Stunden leben alle

Der Einfluß des Zusatzes von Trockenmilch auf Rettichsaft:

1. In 50 ccm frisch gepreßten Rettichsaft wurden 25 g bzw. 12,5 g Trockenmilch gelöst. Als Kontrolle wurde Rettichsaft ohne Zusatz angesetzt. (Tabelle 21).
2. 50 ccm frischer Rettichsaft wurde wiederum mit 25 g Trockenmilch versetzt. Diese Lösung wurde 2 Tage lang im Exsiccator getrocknet. Nach der Trocknung ergaben sich 24,9 g Trockensubstanz. Dieses Pulver wurde in der Reibschale möglichst klein zerrieben und davon 10 g, 5 g und 2,5 g in je 100 ccm Wasser gelöst. Das Pulver ließ sich bis auf geringe Reste lösen.
3. In 50 ccm Rettichsaft wurden 25 g Trockenmilch gelöst und dann bei 90° 3 Stunden lang im elektrischen Trockenschrank getrocknet. Nach dieser Zeit war noch kein vollständig trockenes Pulver vorhanden. Es ergab sich ein Rückstand von 29,5 g. Davon wurden 15 g, 7,5 g, 3,75 g in je 135 ccm Wasser gelöst. Die Substanz ließ sich etwas schwer in Wasser lösen.
4. 50 ccm Rettichsaft wurden 2 Tage im Exsiccator getrocknet. Es hinterblieben 0,7 g Trockensubstanz. Davon wurden 0,4 g, 0,2 g und 0,1 g auf 150 ccm Wasser gelöst. (Tab. 22).

Tabelle 21.

Zusatz von Trockenmilch zu Rettichsaft.

Reiner Rettichsaft 5%	nach 13 Stunden 2 tot, 8 leben	Reiner Rettichsaft 10 %	nach 22 Stunden alle tot
„ + 50 % Trockenmilch	nach 13 Stunden 8 tot, 2 leben	„ 5 %	nach 22 Std. lahm
		„ 30 „	tot
„ + 25 % Trockenmilch	nach 13 Stunden 6 tot, 4 leben	„ 2,5 %	leben alle nach 30 Stunden

Es war keine Hemmung der Rettichwirkung eingetreten.

Tabelle 22.

Wirkung nach Trocknung.

Konzentration auf Rettichsaft berechnet	Lösung 3 Trocknung bei 90°	Konzentration auf Rettichsaft berechnet	Lösung 2 2 Tage im Exsiccator mit Trockenmilch	Konzentration auf Rettichsaft berechnet	Lösung 4 Trocknung ohne Trockenmilch
18 %	alle tot nach 24 Std.	20 %	alle tot nach 13 Std.	20 %	nach 35 Std. alle tot
9 %	alle tot nach 24 Std.	10 %	alle tot nach 13 Std.	10 %	nach 35 Std. 2 tot, 2 leben
4,5 %	nach 24 Std. 7 tot, 3 leben	5 %	leben alle nach 13 Std., tot nach 30 Std.	5 %	nach 35 Std. alle leben

Während ohne Milchzusatz nach diesem Versuch die Wirksamkeit des Rettichsaftes beim Trocknen auf die Hälfte zurückgeht, bleibt nach Milchzusatz beim Trocknen die Wirksamkeit des Rettichsaftes erhalten.

Zwiebel.

Zwiebelsaft: Zwiebeln wurden wie Rettich durch die Hackmaschine getrieben und hernach durch Pressen in Gaze Saft gewonnen. Die Wirksamkeit des frischen Saftes ist in Tabelle 25 wiedergegeben. Die Versuche wurden mit Kaulquappen durchgeführt.

Tabelle 23.

Frischer Zwiebelsaft 1,5 %	nach 13 Stunden alle tot
Frischer Zwiebelsaft 1 %	nach 13 Stunden alle tot
Frischer Zwiebelsaft 0,5 %	nach 13 Stunden 9 tot, 1 lebt noch
Frischer Zwiebelsaft 0,25%	nach 24 Stunden 9 leben, 1 tot

Wie aus obiger Tabelle hervorgeht, liegt die tödliche Konzentration bei 0,5% nach 13 Stunden.

Der Einfluß des Alkohols auf den Zwiebelsaft:

Die Versuche wurden genau wie bei Rettich mit 1,5, 1 und 0,5% Alkoholzusatz ausgeführt.

Hier liegt also keine deutliche Verschiebung der tödlichen Grenzkonzentration vor. Nur gehen die Tiere mit Alkoholzusatz viel schneller ein als in reiner Zwiebelsaftlösung.

Tabelle 24.

Reiner Zwiebelsaft + Alkoholzusatz.

0,5% frischer Saft ohne Zusatz	nach 25 Std. alle tot	0,3% Saft ohne Zusatz	nach 6 Std. alle lebend nach 24 Std. 3 tot, 7 leben	0,25% Saft ohne Zusatz	nach 6 Std. alle lebend nach 24 Std. 2 tot, 8 leben
Saft + 1½% Alkohol	nach 24 Std. alle tot	Saft + 1½% Alkohol	nach 6 Std. 9 tot, 1 lebt nach 24 Std. alle tot	Saft + 1½% Alkohol	nach 6 Std. 5 tot, 5 leben nach 24 Std. alle tot
Saft + 1% Alkohol	nach 6 Std. 7 tot 3 leben	Saft + 1% Alkohol	nach 6 Std. 7 tot 3 lebend	Saft + 1% Alkohol	nach 24 Std. 7 tot 3 leben
Saft + 0,5% Alkohol	nach 24 Std. alle tot	Saft + 0,5% Alkohol	nach 6 Std. 9 leben 1 tot	Saft + 0,5% Alkohol	nach 24 Std. 6 tot 4 leben

Zusammenfassung.

Wie mit Hilfe biologischer Auswertung festgestellt werden konnte, wird die Wirksamkeit von wässrigen Senföllösungen ebenso von Rettichsaft auch beim Trocknen der Lösung erhalten, wenn der Lösung eine genügende Menge Milch zugegeben wird.

Lebenslauf.

Geboren bin ich am 8. April 1909 in Kolbingen, Kreis Tuttlingen als Sohn des Filialleiters Karl Mattes und seiner Ehefrau Pauline, geb. Wachter. Im Frühjahr 1933 legte ich als Externer in Großkrotzenburg am Main die Reifeprüfung ab. Anschließend studierte ich in Tübingen zwei Semester kath. Theologie. Ab Herbst 1934 studierte ich ebenfalls in Tübingen Zahnheilkunde und im Frühjahr 1938 konnte ich mein Studium mit dem zahnärztlichen Staatsexamen abschließen.

Albert Mattes.